

Р.Г.АКМЕН, канд. техн. наук, **Э.Г.БРАТУТА**, докт. техн. наук,
О.В.КРУГЛЯКОВА, **Т.И.ЯРОШЕНКО**, канд. физ.-мат. наук

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНО-КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАПЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КОНТАКТНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ПАРА

На підставі математичного моделювання процесу конденсації пари на полідисперсній поверхні краплин циркуляційної води у конденсаторі контактного типу дається аналіз впливу на інтенсивність теплообміну таких факторів, як швидкість пари, функція розподілу краплин по розмірах, взаємний напрямок руху пари та краплин.

Одним из основных блоков конденсаторов контактного типа (КСТ) является, как известно, оросительная система, включающая разбрызгиватели циркуляционной воды, соответствующим образом распределенные и ориентированные в рабочем пространстве аппарата. Отсутствие к настоящему времени расчетной методики, позволяющей без дополнительных громоздких натурных экспериментов принять соответствующее инженерное решение относительно рациональной компоновки и режимно-геометрических характеристик разбрызгивателей, в существенной мере ограничивает разработку новых конструкций КСТ.

Для решения поставленной задачи будем рассматривать некий канал прямоугольного сечения F . Вертикальная ось канала совпадает с осью y , горизонтальная – с осью x . При этом вектор скорости пара \vec{W}_n направлен вниз вдоль оси y , а капельная среда может стартовать под различным углом к оси y от $\varphi = 0$ до $\varphi = 180^\circ$.

Основу математической модели, описывающей процесс контактной конденсации пара, образует следующая система уравнений.

Уравнение движения одиночной капли i -го разряда в движущейся паровой среде

$$m_i \frac{d\vec{W}_i}{dt} = \pm m_i \vec{g} - C_D \psi(D) \rho_n f_i \frac{|\vec{U}| \vec{U}}{2}, \quad (1)$$

где $\bar{U} = \bar{W}_n - \bar{W}_k$ - относительная скорость капли, C_D - коэффициент аэродинамического сопротивления капли, $\psi(D)$ - коэффициент деформации капли, ρ_n - плотность пара, f_k - площадь миделева сечения капли, g - ускорение силы тяжести.

Уравнение теплового баланса между паром и каплями, на j -том участке горизонтального слоя конденсатора

$$Q_j = M_n(i_{j-1} - i_j) = Q_{kj}, \quad (2)$$

где $(i_{j-1} - i_j)$ - изменение энтальпии пара в процессе конденсации, M_n - расход пара.

Количество теплоты, воспринятое каплями за время полета τ

$$Q_{kj} = \sum_{\tau} \sum_i m_i C_{p\kappa} \frac{dt_{\kappa}}{d\tau}. \quad (3)$$

Функция распределения объемов капель по размерам задается в виде

$$\nu(D) = \frac{2}{3\pi} \alpha^4 D^3 K_1(\alpha D), \quad (4)$$

где α - параметр распределения, D_k - диаметр капли, K_1 - функция Бесселя второго рода мнимого аргумента первого порядка.

Для вычисления средней по объему температуры капель t_{kj} при граничных условиях первого рода используется уравнение теплопроводности для шара [2] в виде

$$\theta = \frac{T_k(\tau) - T_n}{T_{ox} - T_n} = \sum_{n=1}^{\infty} B_n'' \exp(-\mu_n^2 Fo). \quad (5)$$

Скорость пара на j -том участке определяется из уравнения неразрывности

$$W_{nj} = \nu'' \chi_j M_n / F_j, \quad (6)$$

где ν'' - удельный объем насыщенного пара, χ_j - степень сухости, F_j - j -тое поперечное сечение конденсатора.

Численная реализация математической модели при начальной степени сухости пара $\chi_0 = 0,88$, давления в конденсаторе $P_k = 0,08$ бар, начальной температуре циркуляционной воды $t_a = 20^\circ\text{C}$ и двух значениях скорости пара $W_n'' = 0$ м/с и $W_n'' = 40$ м/с позволила получить результаты, представленные на рис. 1 и 2.

На рис. 1 показано отношение температуры капли i -того разряда t_i к температуре насыщения t_n в функции отношения D_i к максимальному диаметру капли D_{\max} в рассматриваемом спектре диаметров при различных углах φ . Установлено, что степень прогрева капель (пропорциональная количеству отведенной от пара теплоты)

существенно зависит как от дисперсного состава, так и от ориентации движения капельного потока.

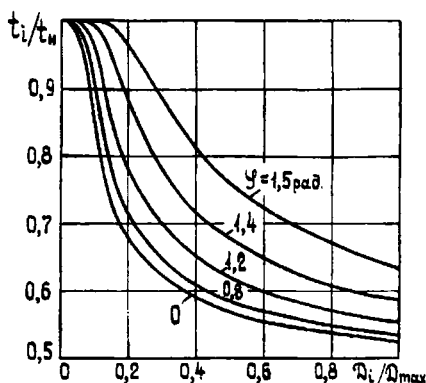


Рис.1. Зависимость относительной температуры капель t_i / t_n от относительного диаметра капель D_i/D_{\max} .

движении ($\varphi=0$). Специальные дополнительные расчеты показали, что установленные особенности процесса прогрева капель в основном обусловлены соответствующими временами пребывания их в активном пространстве конденсатора.

На рис. 2 в полярной системе координат представлена зависимость суммарного количества теплоты ΣQ_k , отведенного от пара всеми разрядами капель, общая масса которых составляет 1 кг. Результаты, отображенные на рис. 2, свидетельствуют о том, что, во-первых, при прочих равных условиях уменьшение максимального диаметра капель в распыле D_{\max} , к примеру, в 6 раз приводит к увеличению отводимой от пара теплоты при $\varphi=0$ в 4 раза, а при $\varphi=1,57$ рад – в 2,25 раза; во-вторых, влияние направления движения капельной среды вверх и вниз от линии $\varphi=0$ не представляется достаточно существенным, и, в-третьих, несущественным оказывается и скорость пара в конденсаторе: из рисунка видно, что линии, соответствующие $W_n=0$ м/с и $W_n=40$ м/с расслаиваются достаточно мало.

Установленный характер степени влияния дисперсно-кинематических характеристик капельной среды на интенсивность теплосъема в конденсаторе

Из рис. 1 видно, что наиболее интенсивная зависимость t_i / t_n от φ наблюдается в области $D_i/D_{\max}<0,6$, в то время как в диапазоне $D_i/D_{\max}>0,6$ влияние ориентации капельной среды относительно вертикали становится менее существенным. Кроме того, из приведенных кривых следует, что при направлении движения капель вертикально снизу вверх ($\varphi=1,57$ рад) влияние дисперсного состава на степень прогрева капель заметно меньше, чем при горизонтальное

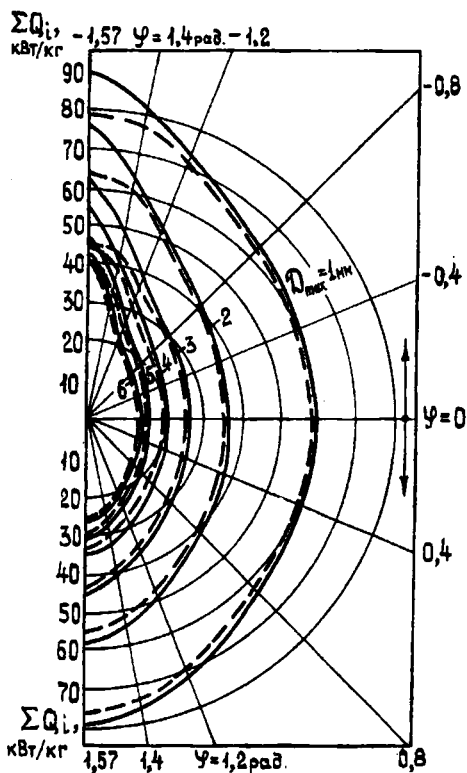


Рис. 2. Суммарное количество теплоты, отведенное от пара дисперсной средой

— $W_n=0$, ---- $W_n=40$ м/с

контактного типа позволяет с большей степенью обоснованности принимать решения относительно его режимно-геометрических характеристик при соответствующих исходных данных.

Список литературы. 1. Братута Э.Г. Диагностика капельных потоков при внешних воздействиях. — Харьков: Выща школа, 1987. — 144 с. 2. Лыков А.В. Теория теплопроводности. — М.: ГЭИ, 1952. — 392 с.

Поступила в редколлегию 20.04.98.